

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENGGUNAAN *RECYCLE POLYPROPYLENE*
TERHADAP KUALITAS PRODUK GELAS PLASTIK KEMASAN**

DI PT X



Disusun Oleh :

MARIA FRANCISKA SAGALA

NIM. 2203032

**KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN REPUBLIK INDONESIA
BADAN PENGEMBANGAN SUMBERDAYA MANUSIA INDUSTRI**

POLITEKNIK ATK YOGYAKARTA

2025

TUGAS AKHIR

PENGARUH PENGGUNAAN *RECYCLE POLYPROPYLENE* TERHADAP KUALITAS PRODUK GELAS PLASTIK KEMASAN DI PT X



**KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN REPUBLIK INDONESIA
BADAN PENGEMBANGAN SUMBERDAYA MANUSIA INDUSTRI
POLITEKNIK ATK YOGYAKARTA**

2025

PENGESAHAN

**PENGARUH PENGGUNAAN *RECYCLE POLYPROPYLENE*
TERHADAP KUALITAS PRODUK GELAS PLASTIK KEMASAN
DI PT X**

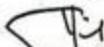
Disusun Oleh :

Maria Franciska Sagala

NIM. 2203032

Program Studi Teknologi Pengolahan Karet Plastik

Pembimbing :



Midarto Dwi Wibowo, S.T., M.T.

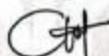
NIP. 198209222008031002

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Tugas Akhir dan dinyatakan memenuhi salah satu syarat yang diperlukan untuk mendapatkan Derajat Ahli Madya Diploma III (D3) Politeknik ATK Yogyakarta

Tanggal:

TIM PENGUJI

Ketua,



Andri Saputra, M.Eng.

NIP. 199301222020121002

Anggota



Midarto Dwi Wibowo, S.T., M.T.

NIP. 198209222008031002



Suharyanto, S.T., M.T.

NIP. 196501091986021001



Yogyakarta, 07 Agustus 2025

Direktur Politeknik ATK Yogyakarta



Dr. Sonny Taufan, S.H., M.H.

NIP. 198402262010121002

PERSEMBAHAN

Puji dan syukur kepada Tuhan yang Maha Esa, yang telah memberikam kekuatan, kebijaksanaan dan kesempatan atas selesainya Tugas Akhir ini penulis persembahkan kepada:

1. Tuhan yang Mahakuasa yang telah memberikan berkat, Kesehatan, dan kekuatan untuk penyelesaian praktik kerja industri dan tugas akhir sesuai waktu yang ditetapkan.
2. Diri sendiri Maria Franciska Sagala yang mampu menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik dan tepat waktu.
3. Kedua orang tua, yaitu Bapak Budiman Sagala, S.P., dan mamak Emmy Simarmata, AMK., cantik, yang telah memberikan dukungan lahir batin, materi, doa, semangat, keikhlasan, serta kasih sayang dalam penyelesaian tugas akhir.
4. Abang tercinta Batara Patrick Sagala, S.P., dan kakak montu Eirene Anastasya Sagala, S.Pd, yang selalu memberi dukungan materi, dan semangat dalam penyelesaian tugas akhir.
5. Bapak Midarto Dwi Wibowo, S.T., M.T., selaku pembimbing Tugas Akhir yang memberikan bimbingan, arahan saran dan masukan dalam penyelesaian tugas akhir dari awal hingga tugas akhir ini selesai.
6. Bapak/Ibu dosen Prodi TPKP yang memberikan ilmu selama masa perkuliahan.
7. Ibu Rita Supardiyanti, S.T, selaku pembimbing lapangan di PT X serta rekan-rekan PT X yang memeberikan semangat, dukungan, saran, masukan serta arahan dalam penelitian tugas akhir di PT X
8. Semua teman-teman TPKP Angkatan 2022 Keluarga besar HIMMAKP, PMK, dan FLMPI yang telah kebersamai selama berkuliah di Politeknik ATK Yogyakarta.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Tuhan yang Maha Esa atas segala berkat dan Rahmat-Nya sehingga tugas akhir yang berjudul “Pengaruh Penggunaan *Recycle Polypropylene* Terhadap Kualitas Produk Gelas Plastik Kemasan di PT X” Tugas akhir ini bertujuan untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Pendidikan Diploma III (D3) Politeknik ATK Yogyakarta. Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini tidak lepas dari dorongan dan dukungan dari berbagai pihak, maka dalam kesempatan ini saya sampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Dr. Sonny Taufan, S.H., M.H. selaku Direktur Politeknik ATK Yogyakarta.
2. Yuli Suwarno, S.T., M.Sc. selaku Pembantu Direktur I Politeknik ATK Yogyakarta.
3. Dr. Wisnu Pambudi, M.Sc. selaku Ketua Program Studi Teknologi Pengolahan Karet dan Plastik.
4. Midarto Dwi Wibowo, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing yang telah membagikan ilmunya, memberi saran, dan dukungan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Segenap Dosen dan Asisten Dosen Prodi Teknologi Pengolahan Karet dan Plastik Politeknik ATK Yogyakarta yang berkenan membagikan ilmu pengetahuan yang dimilikinya kepada penulis.
6. Pimpinan dan staff/karyawan PT X, dan Pihak-pihak lain yang membantu penyusunan Tugas Akhir ini.

Semoga dengan terselesaikannya Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca sebagai media pembelajaran.

Yogyakarta, 16 Juli 2025



Maria Franciska Sagala

MOTTO

“Banyaklah rancangan di hati manusia, tetapi keputusan Tuhan lah yang terlaksana.”

-Amsal 19:21

“Lakukanlah segala sesuatu dengan tidak bersungut-sungut dan
berbantah- bantahan.”

-Filipi 2:14



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR.....	v
MOTTO.....	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
INTISARI.....	xi
<i>ABSTRACT</i>	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan Tugas Akhir.....	4
D. Manfaat Tugas Akhir	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Plastik	6
B. <i>Polypropylene</i> (PP).....	10
C. Daur Ulang <i>Polypropylene</i> (PP).....	13
D. Gelas Plastik Kemasan	14

E. Mesin <i>Thermoforming</i>	15
BAB III MATERI DAN METODE	17
A. Lokasi dan Waktu Pengambilan Data.....	17
B. Materi Pelaksanaan Tugas Akhir.....	17
C. Metode Pelaksanaan Tugas Akhir	25
D. Alur Proses Pembuatan Gelas Plastik	29
E. Pengujian Gelas Plastik kemasan.....	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	39
A. Pengaruh Variasi Formulasi <i>Recycle Polypropylene</i> (46, 53, dan 60 phr) Terhadap Karakteristik Produk Gelas Plastik Kemasan Berdasarkan Pengujian Organoleptis, Visual dan, Sifat Tampak.....	42
B. Pengaruh Variasi Formulasi <i>Recycle Polypropylene</i> (46, 53, dan 60 phr) Terhadap Sifat Fisik Produk Gelas Plastik Kemasan	44
C. Pengaruh Variasi Formulasi <i>Recycle Polypropylene</i> (46, 53, dan 60 phr) Terhadap Sifat Mekanik Produk Gelas Plastik Kemasan	48
BAB V PENUTUP.....	52
A. Kesimpulan	53
B. Saran.....	54
DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN	58

DAFTAR TABEL

Tabel 2.2 Sifat-sifat <i>polypropylene</i>	12
Tabel 3.1 Alat-alat yang digunakan dalam proses pembuatan dan pengujian produk gelas plastik kemasan	18
Tabel 3.2 Bahan-bahan pembuatan dan pengujian produk gelas plastik kemasan ..	23
Tabel 3.3 Formulasi bahan pembuatan gelas plastik kemasan 46 phr <i>recycle polypropylene</i>	27
Tabel 3.4 Formulasi bahan pembuatan gelas plastik kemasan 53 phr <i>recycle polypropylene</i>	27
Tabel 3.5 Formulasi bahan pembuatan gelas plastik kemasan 60 phr <i>recycle polypropylene</i>	27
Tabel 4.1 Spesifikasi produk gelas plastik kemasan PT X	40
Tabel 4.2 Hasil pengujian organoleptis, visual dan sifat tampak gelas plastik kemasan Formulasi 1, Formulasi 2, dan Formulasi 3.....	43
Tabel 4.3 Hasil uji sifat fisik gelas plastik kemasan 46 phr, 53 phr, dan 60 phr	46
Tabel 4.4 Hasil pengukuran dimensi gelas plastik kemasan 46 phr, 53 phr, dan 60 phr.....	48
Tabel 4.5 Hasil pengujian mekanik gelas plastik kemasan 46 phr, 53 phr, dan 60 phr	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 (a) Susunan atom kristal (b) susunan atom <i>amorf</i>	9
Gambar 2.2 Reaksi polimerisasi dari propilena menjadi <i>polypropylene</i>	11
Gambar 2.3 Produk kemasan gelas plastik.....	15
Gambar 2.4 Mesin <i>thermoforming</i>	16
Gambar 3.1 Alur proses pembuatan lembar plastik	30
Gambar 3.2 Alur proses pembuatan gelas plastik kemasan	32
Gambar 3.3 Pengujian organoleptis, visual, dan sifat tampak	35
Gambar 3.4 Pengujian bau dan rasa.....	36
Gambar 3.5 Pengujian dengan air panas.....	37
Gambar 3.6 Pengujian kapasitas penuh	37
Gambar 3.7 Pengujian <i>top load</i>	38
Gambar 3.8 Pengujian <i>drop test</i>	39
Gambar 3.9 Pengujian pemasangan <i>seal</i>	39
Gambar 4.1 Bagian-bagian dan dimensi gelas plastik kemasan.....	41

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.1 Sertifikat halal material dan <i>food grade</i>	56
Lampiran 1.2 <i>Certificate of compliance</i>	57
Lampiran 1.4 Blangko bimbingan	58
Lampiran 1.4 Hasil pengukuran dan pengujian gelas plastik kemasan 46 phr, 53 phr, dan 60 phr.....	59
Lampiran 1.5 Sertifikat magang	62
Lampiran 1.6 Surat keterangan selesai magang	63
Lampiran 1.7 Formulir penilaian magang	64
Lampiran 1.8 Lembar kerja magang.....	65
Lampiran 1.9 Data produksi penggunaan <i>recycle</i> 35 phr.....	73

INTI SARI

Penggunaan material daur ulang dalam industri plastik merupakan salah satu solusi untuk mengurangi limbah serta mengurangi penggunaan bahan baku murni. Dalam produksi kemasan makanan dan minuman, bahan *polypropylene* (PP) merupakan bahan yang banyak dipilih karena memiliki sifat mekanik yang baik, tahan terhadap panas, dan aman untuk kontak langsung dengan produk pangan. Tugas Akhir ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi formulasi *recycle polypropylene* (rPP) gelas plastik kemasan terhadap kualitas gelas plastik kemasan berbahan dasar PP. Proses produksi dilakukan melalui metode ekstrusi, dan *thermoforming* dengan tiga formulasi berbeda, yaitu dengan formulasi *recycle* sebesar 46 phr, 53 phr, dan 60 phr. Evaluasi mutu dilakukan berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 12-4259-2004, yang mencakup pengujian organoleptis, pengukuran dimensi, berat, dan volume, serta uji mekanik berupa *top load* (daya tekan vertikal), dan *drop test* (ketahanan terhadap benturan). Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh formulasi masih memenuhi standar mutu untuk parameter dimensi, berat, dan volume. Pada pengujian *top load*, formulasi 3 dengan *recycle* 60 phr menunjukkan nilai kekuatan tekan tertinggi sebesar 8,05 Kgf, diikuti oleh formulasi 2, dan 1. Namun, formulasi 3 dengan kandungan *recycle* 60 phr gagal dalam uji *drop test* karena mengalami retak atau rusak akibat benturan, yang menunjukkan adanya penurunan ketahanan impak pada persentase *recycle* tinggi. Dengan demikian, penerapan *recycle polypropylene* (rPP) hingga formulasi 53 phr masih mampu mempertahankan sifat mekanik gelas plastik kemasan dalam batas standar yang ditetapkan. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan material daur ulang secara terkontrol dapat diterapkan ke dalam proses produksi tanpa menyebabkan penurunan signifikan terhadap standar kualitas yang ditetapkan.

Kata Kunci : *Drop test*, organoleptis, *polypropylene*, *recycle*, *top load*.

ABSTRACT

The use of recycled materials in the plastic industry is one solution to reduce waste and reduce the use of virgin raw materials. In the production of food and beverage packaging, polypropylene (PP) is a material that is widely chosen because it has good mechanical properties, is heat resistant, and is safe for direct contact with food products. This final project aims to determine the effect of variations in the formulation of recycled polypropylene (rPP) plastic cups on the quality of PP-based plastic cups. The production process is carried out through extrusion and thermoforming methods with three different formulations, namely with recycled formulations of 46 phr, 53 phr, and 60 phr. Quality evaluation is carried out based on the Indonesian National Standard (SNI) 12-4259-2004, which includes organoleptic testing, measuring dimensions, weight, and volume, as well as mechanical tests in the form of top load (vertical compressive strength), and drop test (impact resistance). Test results showed that all formulations met quality standards for dimensions, weight, and volume. In the top load test, formulation 3, with 60 phr of recycled content, demonstrated the highest compressive strength of 8,05 kgf, followed by formulations 2 and 1. However, formulation 3, with 60 phr of recycled content, failed the drop test due to cracking or damage due to impact, indicating a decrease in impact resistance at high recycling percentages. Therefore, the application of recycled polypropylene (rPP) up to the 53 phr formulation still maintained the mechanical properties of plastic cups within the established standard limits. These results demonstrate that the controlled use of recycled materials can be implemented in the production process without significantly reducing established quality standards.

Keywords: *Drop test, organoleptic, polypropylene, recycled, top load.*

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Industri kemasan plastik merupakan bagian penting dalam sistem rantai pasok yang mendukung berbagai sektor strategis, seperti industri makanan, dan minuman, farmasi, kosmetik, serta elektronik. Peranannya tidak hanya terbatas pada penyediaan bahan kemasan, tetapi juga berkaitan erat dengan keberlangsungan distribusi, dan perlindungan produk. Berdasarkan Rencana Induk Pembangunan Industri Nasional (RIPIN), Kementerian perindustrian mengklasifikasikan industri plastik hilir sebagai salah satu sektor unggulan yang mendapat prioritas pengembangan pada rentang waktu 2015 hingga 2019 (Anonim, 2017).

Plastik merupakan material polimer buatan yang kini menjadi bagian penting dalam kehidupan sehari-hari masyarakat modern. Karakteristik utamanya seperti ringan, kuat, ekonomis, serta mudah dibentuk menjadikan plastik banyak digunakan dalam berbagai sektor, mulai dari industri makanan, dan minuman, otomotif, elektronik, hingga bidang kesehatan (Thakur et al., 2023). *Polypropylene* (PP) merupakan salah satu jenis plastik termoplastik yang umum digunakan dalam industri pengemasan, terutama pada produk seperti gelas plastik kemasan sekali pakai. Material ini dikenal karena memiliki sejumlah keunggulan, antara lain ringan, tahan terhadap suhu tinggi, dan memiliki ketahanan kimia yang baik (Callister & Rethwisch, 2023). Gabungan sifat-sifat tersebut menjadikan

polypropylene (PP) sebagai salah satu material yang banyak dipilih dalam produksi kemasan untuk produk makanan, dan minuman. Namun, tingginya konsumsi plastik berbasis *polypropylene* (PP) juga memunculkan masalah lingkungan yang cukup serius, terutama terkait dengan akumulasi limbah yang sulit terurai. Daur ulang plastik merupakan salah satu pendekatan strategis dalam mengurangi beban lingkungan akibat akumulasi limbah plastik. Melalui proses ini, limbah plastik seperti *polypropylene* (PP) dapat diolah kembali menjadi bahan baku sekunder yang dapat dimanfaatkan dalam produksi barang baru. Penggunaan *recycled polypropylene* (rPP) dinilai lebih ramah lingkungan karena mampu mengurangi kebutuhan terhadap bahan baku murni, menurunkan konsumsi energi, serta mengurangi emisi karbon yang dihasilkan dari proses manufaktur plastik murni (Al-Salem, Lettieri, & Baeyens, 2009).

Meskipun penggunaan *recycled polypropylene* (rPP) memiliki potensi besar dalam mendukung produksi berkelanjutan, kualitas produk akhir sangat bergantung pada mutu bahan daur ulang yang digunakan. Selama proses daur ulang termal, *polypropylene* mengalami siklus pemanasan, dan pendinginan berulang yang dapat menyebabkan degradasi termal, dan oksidatif pada rantai polimer. Degradasi ini mengakibatkan penurunan berat molekul serta perubahan struktur kimia, yang berdampak langsung pada sifat mekanik, kejernihan optik, dan ketahanan terhadap suhu serta tekanan (Fuertes et al., 2022; Singh et al., 2021). Degradasi polimer, paparan panas berulang dapat memutuskan ikatan rantai utama polimer, mengubah viskositas, dan mengurangi kinerja mekanis material (Billmeyer, 1984).

PT X merupakan perusahaan yang bergerak di bidang industri plastik. PT X menggunakan mesin *Thermoforming*, dan *extrusion* untuk memproduksi gelas plastik kemasan, PT X menggunakan beberapa jenis bahan plastik antara lain PP (*Poypropylane*), PET (*Polyethylene terephthalate*), dan PS (*Polystyrene*). Salah satu permasalahan yang ada di PT X yaitu banyaknya produk cacat yang dihasilkan selama proses produksi gelas plastik kemasan.

Produk cacat yang dihasilkan selama proses produksi antara lain tampak visual yang tidak sesuai, berat gelas plastik kemasan yang tidak sesuai dengan standar, *bottem* (bagian bawah) tidak terbentuk, terdapat kontaminasi benda asing, bintik hitam, mengalung (bentuk cacat), gelas plastik kemasan terlalu panas, dan gelas plastik kemasan kurang panas. Selain itu, bahan *recycle* juga berasal dari sisa lembaran plastik yang dihasilkan dari proses produksi mesin *thermoforming* (*recycle* yang masih layak pakai). Produk cacat yang dihasilkan kemudian dicacah atau dipotong menjadi material berukuran kecil-kecil (*Crusheran*) yang digunakan sebagai bahan tambahan yang dicampurkan dengan material murni, Pada produksi gelas plastik kemasan rata-rata menghasilkan 50% produk jadi, dan 50% produk cacat. Oleh karena itu, banyaknya produk cacat menyebabkan pemborosan bahan atau material bagi perusahaan, selama ini material *recycle* yang tidak digunakan sebagai bahan tambahan atau bahan campuran material murni akan dijual ke perusahaan yang membuat produk plastik dari bahan daur ulang plastik dengan harga jual *relative* lebih murah.

Berdasarkan kondisi tersebut, penulis mengangkat judul tugas akhir

“Pengaruh Penggunaan *Recycle Polypropylene* Terhadap Kualitas Produk Gelas Plastik kemasan di PT X” dengan menggunakan variasi formulasi penggunaan *recycle* yaitu *recycle 46 phr*, *recycle 53 phr*, dan *recycle 60 phr*. Penulisan ini bertujuan untuk memberikan alternatif solusi mengurangi ketersediaan material *recycle*, dan memanfaatkannya sebagai campuran material murni tanpa menurunkan kualitas produk gelas plastik kemasan tersebut sehingga didapatkan hasil produk yang sesuai dengan standar, baik dari segi kuantitas maupun kualitas.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi formulasi *recycle polypropylene* (46, 53, dan 60 phr) terhadap karakteristik produk gelas plastik kemasan berdasarkan pengujian organoleptis, visual, dan sifat tampak?
2. Bagaimana pengaruh variasi formulasi *recycle polypropylene* (46, 53, dan 60 phr) terhadap sifat fisik produk gelas plastik kemasan?
3. Bagaimana pengaruh variasi formulasi *recycle polypropylene* (46, 53, dan 60 phr) terhadap sifat mekanik produk gelas plastik kemasan?

C. Tujuan

Berdasarkan perumusan masalah, tujuan penyelesaian masalah pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh variasi formulasi *recycle polypropylene* (46, 53, dan 60 phr) terhadap karakteristik produk gelas plastik kemasan berdasarkan pengujian organoleptis, visual dan, sifat tampak.
2. Mengetahui pengaruh variasi formulasi *recycle polypropylene* (46, 53, dan 60 phr) terhadap sifat fisik produk gelas plastik kemasan.
3. Mengetahui pengaruh variasi formulasi *recycle polypropylene* (46, 53, dan 60 phr) terhadap sifat mekanik produk gelas plastik kemasan.

D. Manfaat

Penulisan Tugas Akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat, antara lain sebagai berikut:

1. Bagi perusahaan, dapat digunakan sebagai bahan masukan dalam penggunaan material *recycle polypropylene* pada pembuatan produk gelas plastik.
2. Bagi ilmu pengetahuan, dapat memberikan pengetahuan, dan informasi mengenai pengaruh penggunaan material *recycle* terhadap produk gelas plastik kemasan berbahan *polypropylene*.
3. Bagi civitas akademik, dapat menambah pengetahuan, dan memberikan referensi tambahan kepada mahasiswa tentang masalah ataupun topik yang sama.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Plastik

Plastik merupakan bahan sintesis yang termasuk dalam kelompok polimer, yaitu senyawa makromolekul yang terdiri atas unit monomer yang berulang, dan saling terikat secara kimia. Sebagian besar polimer dalam plastik berasal dari senyawa organik berbasis karbon, seperti etilena, propilena, dan stirena, yang mengalami proses polimerisasi untuk membentuk rantai molekul panjang. Struktur inilah yang memberikan sifat khas pada plastik, seperti fleksibilitas, kekuatan tarik, serta ketahanan terhadap bahan kimia (Callister & Rethwisch, 2023).

Polimer merupakan makromolekul atau molekul berukuran besar yang terbentuk melalui penggabungan berulang dari unit-unit molekul kecil yang saling terikat melalui ikatan kimia (Jupri, 2022). Istilah "polimer" pertama kali dikenalkan oleh ilmuwan asal Swedia, , pada tahun 1833. Kata "polimer", dan "monomer" berasal dari bahasa Yunani; "poli" berarti banyak, "mono" berarti satu, dan "meros" berarti bagian. Oleh sebab itu, polimer dipahami sebagai rangkaian struktur molekul besar yang tersusun secara sistematis dari pengulangan unit-unit monomer (Rochmadi & Permono, 2018). Berdasarkan sifat termalnya, polimer plastik diklasifikasikan menjadi dua kelompok utama yaitu: termoplastik, dan termoset.

1. Termoplastik

Termoplastik merupakan jenis polimer yang dapat melunak ketika dipanaskan, dan mengeras kembali saat didinginkan, tanpa mengalami perubahan permanen dalam struktur kimianya. Sifat ini memungkinkan material tersebut untuk diproses ulang berkali-kali, menjadikannya cocok untuk berbagai aplikasi industri, dan ramah terhadap proses daur ulang (Callister & Rethwisch, 2023). Kemampuan ini berasal dari struktur molekul termoplastik yang berbentuk linear atau bercabang tanpa adanya ikatan silang, sehingga rantai molekulnya bisa bergerak bebas saat terkena panas. Secara umum, termoplastik memiliki ciri khas seperti titik leleh yang spesifik, stabil terhadap bahan kimia, dan dapat dibentuk menjadi beragam produk melalui proses termal. Berkat keunggulan ini, termoplastik banyak digunakan dalam berbagai sektor industri, mulai dari otomotif, elektronik, kemasan makanan, hingga peralatan medis.

Beberapa jenis termoplastik yang sering dijumpai di antaranya adalah *polypropylene* (PP) yang ringan, dan tahan terhadap panas serta bahan kimia. *Polyethylene* (PE) yang fleksibel, dan tahan air, dengan varian HDPE, dan LDPE. *Polystyrene* (PS) yang ekonomis, dan mudah dibentuk meski relatif rapuh; dan *polyethylene terephthalate* (PET) yang jernih, dan tahan terhadap gas, umum digunakan untuk botol minuman (McKeen, 2012; Rosato & Rosato, 2004).

Dalam proses produksinya, termoplastik dapat dibentuk dengan berbagai teknik, seperti cetak injeksi (*injection molding*), ekstrusi, *thermoform* (*thermoforming*), dan *blow molding*. Metode-metode ini memungkinkan

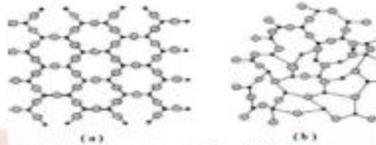
pembentukan produk dalam jumlah besar, dan bentuk yang kompleks. Karena dapat dilelehkan berulang kali, termoplastik mudah didaur ulang, meskipun sifat mekaniknya bisa menurun setelah beberapa siklus akibat degradasi termal, dan oksidatif (Fuertes et al., 2022).

2. Termoset

Termoseting merupakan jenis plastik yang bila dikenai suhu tertentu akan membentuk ikatan silang (*cross-linking*), dan setelah mengalami proses vulkanisasi serta polimerisasi, tidak dapat kembali ke keadaan semula karena struktur kimianya sudah stabil secara permanen. Plastik termoseting umumnya memiliki sifat yang keras, kuat, dan kaku, serta sifat mekanisnya relatif tidak terpengaruh oleh perubahan suhu. Berbeda dengan plastik termoplastik, jenis plastik ini akan mengeras secara permanen saat dipanaskan dan tidak dapat didaur ulang. Contoh material plastik yang termasuk ke dalam termoseting adalah bakelit, silikon, dan epoxy (Widayat, 2018; Sutrisno & Lestari, 2020).

Plastik merupakan material yang umumnya bersifat lunak dan memiliki tingkat kekristalan yang rendah. Material ini terbentuk dari unit-unit kecil yang disebut monomer, yang kemudian mengalami proses polimerisasi membentuk rantai panjang yang disebut polimer. Struktur rantai polimer tersebut dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis utama, yaitu amorf dan kristalin. Struktur amorf terjadi ketika rantai polimer tersusun secara acak dan tidak teratur, sedangkan struktur kristalin terbentuk ketika rantai polimer tersusun secara teratur dan berulang (Wahyuni, 2019; Prasetyo & Handayani, 2021). Tingkat keteraturan ini

memengaruhi sifat fisik plastik seperti transparansi, kekakuan, dan titik leleh. Berikut perbandingan ikatan rantai *amorf*, dan kristalin dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 (a) Susunan atom kristal (b) susunan atom *amorf*
(sumber bishop,2000)

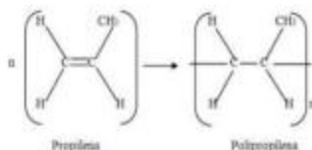
Pada Gambar 2.1 (a), tampak susunan atom dalam struktur kristalin yang tersusun secara sangat teratur, membentuk pola berulang yang simetris dan rapat. Struktur ini merepresentasikan fase kristalin dari suatu polimer, di mana rantai-rantai polimer terorganisasi dengan keteraturan tinggi. Keteraturan tersebut menghasilkan gaya tarik antarmolekul yang kuat, sehingga material dengan struktur kristalin umumnya memiliki sifat mekanik yang unggul seperti kekuatan tarik yang tinggi, kekakuan yang baik, serta titik leleh yang jelas dan stabil (Wahyuni & Prasetyo, 2019). Sebaliknya, Gambar 2.1 (b) menunjukkan struktur amorf, yang ditandai dengan susunan atom yang tidak beraturan dan acak. Fase amorf mencerminkan kondisi di mana rantai-rantai polimer tidak membentuk pola tetap, sehingga menghasilkan material yang lebih fleksibel, lentur, dan transparan. Namun, karena lemahnya interaksi antar molekul, sifat mekanik seperti kekuatan dan kekakuannya cenderung lebih rendah dibandingkan dengan fase kristalin (Wahyuni & Prasetyo, 2019).

Polypropylene merupakan salah satu jenis termoplastik semi-kristalin yang memiliki dua fase struktur secara bersamaan, yaitu kristalin dan amorf. Perbandingan antara kedua struktur ini sangat menentukan karakteristik akhir dari material, termasuk kekakuan, kekuatan mekanik, kejernihan optik, serta ketahanan terhadap panas. Semakin tinggi tingkat kristalinitasnya, *polypropylene* akan menunjukkan sifat yang lebih kaku, kuat, dan tahan terhadap suhu tinggi, namun menjadi kurang transparan. Sebaliknya, jika fase amorf lebih dominan, maka material cenderung menjadi lebih lentur dan fleksibel, namun memiliki titik leleh yang lebih rendah serta sifat mekanik yang kurang kuat (Santoso & Ardiansyah, 2020; Hidayat, 2018).

B. *Polypropylene*

Polypropylene (PP) adalah jenis polimer hidrokarbon yang termasuk dalam kelompok termoplastik, yaitu polimer yang dapat dibentuk ulang pada suhu tinggi. Bahan ini berasal dari monomer propilena, senyawa turunan hasil pemurnian minyak bumi yang memiliki rumus kimia $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$. Dalam industri, proses polimerisasi propilena menjadi *polypropylene* umumnya dilakukan menggunakan katalis koordinasi (seperti katalis Ziegler-Natta atau metallocene), yang menghasilkan rantai polimer linier dengan unit berulang berupa monomer propilena ($-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CH}_3)-$). Struktur tersebut memberikan sifat mekanik yang baik dan kestabilan termal pada *polypropylene*, menjadikannya material yang banyak digunakan dalam industri kemasan, otomotif, dan alat rumah tangga (Sutrisno &

Ramadhan, 2021; Widodo, 2019). Reaksi polimerisasi dari propilena secara umum dapat dilihat pada Gambar 2.2



Gambar 2.2 Reaksi Polimerisasi dari Propilena Menjadi *Polypropylene*
(Sumber Steven MP, 2001)

Gambar 2.2 menunjukkan proses reaksi polimerisasi dari monomer propilena menjadi polimer *polypropylene*. Propilena merupakan senyawa hidrokarbon tak jenuh yang memiliki ikatan rangkap dua pada atom karbonnya. Ikatan rangkap ini bersifat reaktif dan menjadi titik awal terjadinya reaksi polimerisasi. Dalam proses ini, ikatan rangkap akan terbuka dan memungkinkan monomer propilena untuk saling berikatan membentuk rantai panjang polimer.

Reaksi ini termasuk ke dalam jenis polimerisasi adisi, yang umumnya berlangsung dengan bantuan katalis agar reaksi lebih efisien dan menghasilkan struktur polimer yang terkontrol. Setelah reaksi berlangsung, terbentuklah *polypropylene*, yaitu rantai polimer yang terdiri dari satuan berulang propilena yang masing-masing memiliki gugus metil ($-CH_3$) yang terikat pada rantai utama karbon. Keberadaan gugus metil ini memberikan pengaruh terhadap sifat fisik *polypropylene*, seperti kekakuan, kekuatan tarik, dan ketahanan terhadap suhu serta bahan kimia. Oleh karena itu, melalui reaksi polimerisasi ini, dapat dipahami bagaimana struktur molekul *polypropylene* terbentuk dan mengapa bahan ini

banyak digunakan sebagai bahan baku utama dalam pembuatan produk plastik, termasuk produk gelas plastik kemasan.

Polypropylene (PP) merupakan jenis termoplastik yang memiliki titik leleh (*melting temperature*) cukup tinggi, yaitu berkisar antara 160–240 °C, dengan titik kristalinitas berada pada rentang 130–135 °C. Suhu pemrosesan *polypropylene* dalam industri biasanya mencapai 220–240 °C. Material ini dikenal memiliki ketahanan yang sangat baik terhadap bahan kimia seperti pelarut organik, senyawa anorganik, minyak, asam, basa, dan uap air. Selain itu, *polypropylene* juga memiliki nilai konduktivitas termal yang rendah (sekitar 0,12 W/m·K), kekuatan benturan yang tinggi, serta sifat sebagai isolator listrik yang baik. Namun demikian, *polypropylene* memiliki ketahanan pukul yang rendah dan dapat rusak jika terkena asam nitrat pekat (Mujiarto, 2005). Sifat-sifat *polypropylene* dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Sifat-Sifat *Polypropylene*

Sifat-Sifat	<i>Polypropylene</i>
Kristalinitas (%)	30-60
Massa jenis [$10^3\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]	0.9
T _g [°C]	-10 sampai 15
T _m [°C]	160-240
Tegangan Tarik [$\text{N}\cdot\text{mm}^{-2}$]	30 sampai 40
Modulus Tarik [$\text{N}\cdot\text{mm}^{-2}$]	1,1 sampai 1,6
Perpanjangan(%)	50 sampai 600

Polypropylene (PP) merupakan jenis polimer termoplastik yang banyak digunakan dalam industri kemasan karena memiliki kombinasi sifat mekanik dan

termal yang baik. Berdasarkan Tabel 2.1 *polypropylene* (PP) memiliki tingkat kristalinitas antara 30–60%. Kristalinitas menunjukkan seberapa besar bagian dari struktur polimer yang tersusun secara teratur; semakin tinggi kristalinitas, maka semakin kaku dan kuat material tersebut. Massa jenis PP adalah sekitar $0,9 \times 10^3$ kg/m³, menjadikannya salah satu plastik yang ringan. Suhu transisi kaca (T_g) berada pada kisaran -10 hingga 15°C, yang mengindikasikan suhu di mana PP mulai beralih dari kondisi keras menjadi lebih lunak. Sementara itu, suhu leleh (T_m) PP berkisar antara 160 hingga 240°C, menjelaskan suhu di mana material akan meleleh dan dapat dibentuk ulang. Dari segi kekuatan mekanik, PP memiliki tegangan tarik sebesar 30–40 N/mm² yang mencerminkan kemampuan material menahan gaya tarik sebelum putus. Modulus tariknya berkisar antara 1,1 hingga 1,6 N/mm², menunjukkan tingkat kekakuan material saat dikenai gaya tarik. Terakhir, nilai perpanjangan antara 50% hingga 600% menunjukkan seberapa elastis bahan ini sebelum mengalami putus saat ditarik. Sifat-sifat tersebut menjadikan PP sangat sesuai untuk digunakan dalam produk kemasan sekali pakai seperti gelas plastik, karena ringan, tahan panas, serta cukup kuat terhadap tekanan mekanis dan tarikan.

C. Daur Ulang *Polypropylene* (Recycle PP)

Recycled polypropylene (rPP) merupakan bahan pendukung yang berasal dari hasil pengolahan ulang limbah plastik *polypropylene* melalui proses mekanis seperti pencacahan, pencucian, pelelehan, dan ekstrusi ulang. Material ini digunakan sebagai campuran dalam proses produksi, dengan tujuan untuk

mengurangi penggunaan material murni (*virgin*) serta mendukung efisiensi biaya, dan keberlanjutan proses industri (Al-Salem et al., 2009).

Sebagai polimer termoplastik, *polypropylene* memiliki kemampuan untuk meleleh, dan mengeras berulang kali tanpa mengalami perubahan struktur kimia. Namun, kualitas rPP sangat bergantung pada jumlah siklus daur ulang, dan parameter prosesnya. Penggunaan yang berulang dapat menurunkan sifat fisis, dan mekanik material, seperti penurunan berat molekul, kekuatan tarik, serta perubahan warna akibat degradasi termal, dan oksidatif. Oleh karena itu, dalam praktik industri, rPP umumnya digunakan dalam batas tertentu, dan dikombinasikan dengan *polypropylene* murni untuk menjaga kualitas produk akhir (Fuertes et al., 2022).

D. Gelas Plastik Kemasan

Kemasan memiliki peran yang sangat penting dalam proses distribusi produk, terutama pada makanan, dan minuman. Selain berfungsi untuk melindungi isi produk dari kerusakan, dan kontaminasi, kemasan juga digunakan sebagai alat promosi, dan penyampaian informasi kepada konsumen. Salah satu jenis kemasan yang sering digunakan dalam industri minuman adalah gelas plastik sekali pakai, yaitu kemasan yang hanya digunakan satu kali, dan kemudian dibuang atau didaur ulang. Gelas plastik banyak digunakan dalam produk air minum dalam kemasan (AMDK), kopi, teh kemasan, minuman ringan, dan produk minuman instan lainnya.

Gelas plastik umumnya diproduksi dalam dua bentuk utama, yaitu cup yang memiliki bentuk bulat mengerucut ke bawah, serta tumbler yang berbentuk lurus atau silindris dari atas ke bawah. Kedua bentuk ini dirancang untuk memenuhi kebutuhan praktis dalam penyajian berbagai jenis minuman. Ukuran gelas plastik bervariasi tergantung kebutuhan industri atau konsumen, dengan kapasitas umum mulai dari 8 oz, 9 oz, 12 oz, 16 oz, 20 oz, hingga 24 oz, dan dapat disesuaikan lagi menurut spesifikasi pemesanan atau segmentasi pasar. Ukuran tersebut tidak hanya berpengaruh pada volume isian, tetapi juga berperan dalam penentuan bahan baku, kekuatan struktur, serta desain cetakan pada proses produksi. Proses produksinya sering menggunakan metode *thermoforming*, yaitu pembentukan lembaran plastik yang telah dipanaskan agar lunak, kemudian dibentuk sesuai cetakan menggunakan tekanan atau vakum (Throne, 1996). Gambar produk gelas plastik kemasan disajikan pada Gambar 2.3



Gambar 2.3 produk kemasan gelas plastik

E. Mesin *Thermoforming*

Thermoforming merupakan salah satu teknik pembentukan material termoplastik yang sering di aplikasikan dalam industri kemasan, khususnya dalam

produksi produk berbahan *polypropylene* (pp) seperti gelas plastik sekali pakai. Perangkat mesin *thermoforming* umumnya terdiri atas komponen utama seperti pemanas (*heater*), unit pembentuk (*forming unit*), sistem pendingin, dan unit pemotong (*cutting unit*). Lembaran PP akan dipanaskan menggunakan pemanas infra merah hingga mencapai suhu sekitar 160–180°C, tergantung pada jenis serta ketebalan material. Setelah mencapai kondisi plastis, material kemudian dibentuk dengan metode seperti *vacuum forming*, *pressure forming*, atau *plug-assist forming*, lalu didinginkan agar bentuk produk tetap stabil (Throne, 1996; Tadmor & Gogos, 2013). Gambar mesin *thermoforming* disajikan pada Gambar 2.4



Gambar 2.4 Mesin *thermoforming*

BAB III

MATERI DAN METODE TUGAS AKHIR

A. Lokasi dan Jadwal

Pengambilan data dilaksanakan di sebuah perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur plastik, khususnya produksi kemasan makanan, dan minuman berbahan dasar plastik *polypropylene* (PP). Lokasi pelaksanaan berada di fasilitas produksi utama perusahaan yaitu yang memiliki lini proses ekstrusi, dan *thermoforming*. Kegiatan ini berlangsung selama 6 bulan, terhitung sejak 4 November 2024 s/d 4 Mei 2025, dan mencakup observasi langsung terhadap proses produksi, pengambilan data teknis, serta jadwal operasional perusahaan, dan didukung penuh oleh tim produksi, dan *quality control* sebagai bagian kerja sama akademik dan industri.

B. Materi Penyelesaian Tugas Akhir

Tugas akhir ini membahas mengenai pemanfaatan material *recycle polypropylene* dalam pembuatan gelas plastik kemasan. Proses pembuatannya harus memenuhi standar yang berlaku untuk menghasilkan produk dengan kualitas terbaik, dan harus memenuhi spesifikasi yang diinginkan oleh konsumen. Berikut adalah alat, dan bahan yang digunakan dalam pembuatan produk gelas plastik kemasan.

1. Alat

Dalam pembuatan produk gelas plastik digunakan beberapa alat yang mendukung proses produksi serta proses pengujian produk gelas plastik kemasan, Tabel alat tertera pada Tabel 3.1

Tabel 3.1 Alat – alat yang digunakan dalam proses pembuatan, dan pengujian produk gelas plastik kemasan.

No	Nama Alat	Gambar	Fungsi
1	Mesin <i>Thermoforming</i>		Mesin <i>thermoforming</i> berfungsi sebagai alat produksi yang berfungsi untuk membentuk lembaran plastik menjadi berbagai bentuk produk, salah satunya gelas plastik.
2	Mesin Ekstruder		Mesin ekstrusi berfungsi sebagai alat yang memproduksi lembaran plastik yang nantinya digunakan pada proses <i>thermoforming</i> .
3	<i>Mold</i>		Digunakan sebagai komponen utama yang membentuk lembaran plastik (<i>in sheet</i>) yang telah dipanaskan menjadi bentuk produk akhir sesuai desain yang diinginkan.
4	Plug-asis		Berfungsi sebagai komponen tambahan yang membantu <i>mold</i> untuk membentuk lembaran plastik menjadi produk gelas plastik.

Lanjutan.

No	Nama Mesin	Gambar	Fungsi
5	Ejector		berfungsi untuk mendorong atau melepaskan produk plastik yang telah terbentuk dari cetakan (<i>mold</i>) setelah proses <i>forming</i> , dan pendinginan selesai.
6	Panel <i>control</i>		Panel <i>control</i> digunakan untuk mengatur, dan memantau parameter seperti suhu, tekanan, serta kecepatan aliran material
7	Cooling tower		Cooling tower digunakan sebagai sumber aliran pendingin untuk menjaga suhu mesin serta menjaga suhu produk gelas plastik pada proses pencetakan.
8	Mesin <i>crusher</i>		Mesin <i>crusher</i> digunakan sebagai alat untuk mencacah <i>reject</i> menjadi ukuran yang lebih kecil sehingga dapat digunakan sebagai material tambahan atau material campuran.
9	Mixer		<i>Mixer</i> berfungsi sebagai alat pencampur material murni, dan material <i>recycle</i> yang akan diproduksi.

Lanjutan.

No	Nama alat	Gambar	Fungsi
10	Neraca analitik	 A white analytical scale with a digital display showing '450.3' and a weighing pan on top.	Neraca analitik digunakan sebagai alat pengukur berat produk gelas plastik.
11	Sigmat	 A mechanical instrument used for measuring the height of a product, with a vertical scale and a horizontal arm.	Sigmat digunakan sebagai alat pengukur tinggi produk gelas plastik
12	Gelas ukur	 A white plastic measuring glass with a scale, placed on a surface next to a white bucket.	Gelas ukur digunakan sebagai alat pengukur volume air pada produk gelas plastik
13	Jangka sorong	 A vernier caliper used for measuring the diameter of a cylindrical object.	Jangka sorong digunakan sebagai alat pengukur diameter produk gelas plastik.
14	Push pull	 A hand-operated push pull gauge being used to measure the thickness of a white plastic product.	Digunakan sebagai alat pengukur ketebalan produk gelas plastik

Tabel 3.1 menjelaskan berbagai alat yang digunakan dalam proses pembuatan dan pengujian produk gelas plastik kemasan. Proses produksi ini menggunakan mesin *thermoforming* sebagai alat produksi utama untuk membentuk lembaran plastik menjadi berbagai bentuk produk, salah satunya adalah gelas plastik. Sebelum masuk ke mesin *thermoforming*, lembaran plastik terlebih dahulu diproduksi oleh mesin ekstruder, yang berperan sebagai alat untuk mencetak lembaran plastik dari bahan baku plastik yang dilelehkan. Setelah lembaran plastik terbentuk, proses selanjutnya menggunakan *mold*, yaitu komponen utama yang digunakan untuk membentuk lembaran plastik (*in sheet*) menjadi bentuk akhir produk sesuai desain yang diinginkan. Dalam proses pembentukan ini, *plug-asis* digunakan sebagai komponen tambahan untuk membantu *mold* agar hasil pembentukan gelas plastik menjadi lebih optimal dan presisi. Setelah proses *forming* selesai, *ejector* berfungsi untuk mendorong atau melepaskan produk plastik dari cetakan (*mold*) agar produk dapat keluar dengan mudah dan tidak rusak. Seluruh alat ini bekerja secara sinergis dalam sistem produksi untuk menghasilkan produk gelas plastik kemasan yang berkualitas. Selain alat utama dalam proses pembentukan produk gelas plastik, terdapat pula beberapa alat pengujian yang digunakan untuk memastikan kualitas produk akhir. Sigmat digunakan sebagai alat untuk mengukur tinggi produk gelas plastik, sehingga tinggi produk dapat divalidasi sesuai standar yang telah ditetapkan. Untuk mengetahui kapasitas volume gelas, gelas ukur digunakan sebagai alat pengukur volume air yang dapat ditampung oleh gelas plastik tersebut. Untuk memastikan berat produk sesuai

standar, neraca analitik digunakan sebagai alat pengukur berat gelas plastik dengan tingkat ketelitian yang tinggi. Seluruh mesin ini mendukung proses produksi agar lebih efisien, konsisten, dan menghasilkan produk yang berkualitas. Selanjutnya, jangka sorong berfungsi sebagai alat pengukur diameter gelas plastik guna memastikan dimensi horizontalnya sesuai desain. Selain itu, ketebalan dinding gelas plastik juga menjadi parameter penting dalam pengujian produk, dan pengukuran ini dilakukan menggunakan alat *push pull* yang berfungsi untuk mengukur ketebalan dengan tingkat akurasi yang tinggi. Dengan adanya alat-alat pengujian ini, proses kontrol kualitas terhadap produk gelas plastik kemasan dapat dilakukan secara optimal dan sistematis.

Dalam proses produksi gelas plastik, beberapa mesin pendukung juga memiliki peran penting untuk menjamin kelancaran dan efisiensi produksi. Panel *control* digunakan sebagai alat untuk mengatur dan memantau parameter-parameter penting seperti suhu, tekanan, serta kecepatan aliran material selama proses berlangsung. Untuk menjaga kestabilan suhu mesin dan produk selama proses pencetakan, cooling tower digunakan sebagai sumber pendingin. Selain itu, untuk mengelola limbah produksi atau produk yang tidak memenuhi standar (*reject*), mesin *crusher* digunakan untuk menghancurkan material tersebut menjadi ukuran yang lebih kecil agar dapat digunakan kembali sebagai bahan campuran. Setelah itu, material murni dan hasil daur ulang (*recycle*) dicampur menggunakan mixer, yang berfungsi sebagai alat pencampur sebelum material masuk ke tahap produksi

berikutnya. Untuk memastikan berat produk sesuai standar, neraca analitik digunakan sebagai alat pengukur berat gelas plastik dengan tingkat ketelitian yang tinggi. Seluruh mesin ini mendukung proses produksi agar lebih efisien, konsisten, dan menghasilkan produk yang berkualitas.

2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam proses pembuatan produk, dan pengujian produk gelas plastik. Bahan-bahan yang digunakan pada pembuatan, dan pengujian produk gelas plastik kemasan disajikan pada Tabel 3.2

Tabel 3.2 Bahan–bahan pembuatan, dan pengujian produk gelas plastik

No	Nama bahan	Gambar	Karakteristik	Fungsi
1	<i>Polypropylene Trilene HE 2.0</i>		Berbentuk butiran pellet (<i>granule</i>), berwarna putih bening, dan keras.	Sebagai bahan utama produk gelas plastik.
2	<i>Recycle crusher pp</i>		Berbentuk cacahan tak beraturan, keras, dan berwarna putih.	Sebagai material pendukung pada pembuatan produk gelas plastik.
3	<i>Masterbatches Asilen White</i>		Berbentuk butiran pellet (<i>granule</i>), berwarna putih pekat, dan keras.	berfungsi sebagai pewarna produk gelas plastik.
4	Air		Cair, dan bening	Sebagai bahan pengujian produk plastik pada uji bocor, atau uji jatuh

Tabel 3.2 memuat informasi mengenai bahan-bahan yang digunakan dalam proses pembuatan dan pengujian produk gelas plastik. Setiap bahan memiliki karakteristik fisik serta fungsi dalam mendukung keberhasilan proses pembuatan produk gelas plastik kemasan.

Bahan pertama yang digunakan adalah *Polypropylene Trilene HE 2.0*. Bahan ini berbentuk butiran pellet (*granule*), berwarna putih bening, dan memiliki tekstur keras. Karakteristik tersebut menunjukkan bahwa bahan ini memiliki kestabilan termal yang baik serta kekuatan mekanik yang mendukung proses pembentukan plastik. *Polypropylene Trilene HE 2.0* digunakan sebagai bahan utama dalam pembuatan produk gelas plastik karena mampu memberikan sifat fisik yang kuat dan transparansi visual yang diinginkan.

Selanjutnya, digunakan pula bahan *Recycle crusher PP* yang berbentuk cacahan plastik keras dengan warna putih dan tidak beraturan. Meskipun berasal dari limbah plastik yang telah didaur ulang, bahan ini tetap memiliki kekuatan yang cukup dan digunakan sebagai material pendukung dalam proses produksi. Penggunaan bahan ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi biaya serta mendukung program keberlanjutan melalui pemanfaatan limbah plastik.

Bahan ketiga adalah *Masterbatches Asilen White* yang juga berbentuk butiran pellet (*granule*), berwarna putih pekat, dan memiliki tekstur keras. Fungsi utama dari masterbatch ini adalah sebagai pewarna dalam produk gelas plastik. Dengan penggunaan bahan ini, tampilan akhir produk dapat disesuaikan sesuai kebutuhan estetika atau standar warna yang telah ditetapkan.

Bahan terakhir yang digunakan adalah air, yang memiliki karakteristik cair dan bening. Meskipun bukan bahan pembentuk produk, air digunakan dalam tahap pengujian, khususnya pada uji kebocoran atau uji jatuh. Pengujian ini penting untuk memastikan bahwa produk gelas plastik yang dihasilkan memenuhi standar kualitas dan tidak mengalami kerusakan struktural saat digunakan.

C. Metode Penyelesaian Masalah Tugas Akhir

Metode adalah pendekatan ilmiah yang digunakan untuk mendapatkan data yang relevan, dan valid dalam rangka mencapai tujuan percobaan. Dalam penyelesaian masalah tugas akhir ini menggunakan metode percobaan yang berfokus pada pemanfaatan, dan pemaksimalan penggunaan *recycle polypropylene* sebagai bahan campuran material murni *polypropylene* dengan pemecahan masalah berdasarkan analisis hasil percobaan pengaruh penggunaan *recycle polypropylene* 46 phr, 53 phr, dan 60 phr pada pembuatan produk gelas plastik kemasan. Metode yang digunakan dalam penyelesaian masalah sebagai berikut:

1) Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan secara langsung dari tempat atau objek utama percobaan dilakukan. Data yang didapatkan merupakan data primer hasil observasi, dan wawancara yang didapatkan dari responden mengenai topik percobaan yang diambil (Sugiyono, 2017).

a) Observasi/ Studi lapangan

Tahapan ini dilakukan untuk menentukan kondisi lapangan yang tepat dalam pengambilan data, dan mengamati secara langsung kondisi aktual proses pembuatan gelas plastik, kemudian mengumpulkan data secara langsung serta mencatat informasi yang dibutuhkan sebagai data secara langsung serta mencatat informasi yang dibutuhkan sebagai data untuk tugas akhir. Observasi lapangan dilakukan dengan mengamati secara langsung proses produksi gelas plastik menggunakan mesin *thermoforming*.

b) Wawancara

Tahap wawancara dilakukan melalui komunikasi untuk memperoleh informasi dari responden terkait, dan untuk mengumpulkan data percobaan. Pada tahap ini penulis mengajukan pertanyaan terkait dengan objek penelitian yang akan dilakukan percobaan. Adapun beberapa pihak yang menjadi narasumber sebanyak 5 yaitu supervisor, staff QC (*Quality Control*), Operator, PPIC (*Planning Production*), Supervisor mekanik, dan listrik.

c) Dokumentasi

Dokumentasi dilakukan untuk mengumpulkan data atau bahan pendukung selama penyelesaian tugas akhir. Data yang dikumpulkan berupa gambar atau foto alat, bahan, produk hasil produksi, serta proses pengujian botol dengan bantuan media kamera. Pencatatan dokumen meliputi data informasi mesin produksi, data perolehan material *Recycle* gelas plastik. Gambar, dan spesifikasi botol data cacat produk dan lainnya.

d) Metode Percobaan

Metode percobaan dilakukan dengan pembuatan gelas plastik kemasan menggunakan mesin *Thermoforming* dengan menggunakan campuran material *polypropylene* murni, dan daur ulang. Formulasi yang digunakan dalam pembuatan gelas plastik dapat dilihat pada Tabel 3.3, Tabel 3.4, dan Tabel 3.5

Tabel 3.3 Formulasi bahan pembuatan gelas plastik kemasan 46 phr
recycle polypropylene

No	Nama bahan	PHR	Berat (gram)
1	Trilene HE 2.0 TF	54	8.100
2	<i>Crusher white</i> biasa @15 kg	46	6.900
3	Total resin	100	15.000
4	<i>Masterbatches</i> Asilen <i>white</i>	2	300

Tabel 3.4 Formulasi bahan pembuatan gelas plastik kemasan 53 phr
recycle polypropylene

No	Nama bahan	PHR	Berat (gram)
1	Trilene HE 2.0 TF	47	7.050
2	<i>Crusher white</i> biasa @15 kg	53	7.950
3	Total	100	15.000
4	<i>Masterbatches</i> Asilen <i>white</i>	2	300

Tabel 3.5 Formulasi bahan pembuatan gelas plastik kemasan 60 phr
recycle polypropylene

No	Nama bahan	PHR	Berat (gram)
1	Trilene HE 2.0 TF	40	6.000
2	<i>Crusher white</i> biasa @15 kg	60	9.000
3	Total	100	15.000
4	<i>Masterbatches</i> Asilen <i>white</i>	2	300

Hasil dari percobaan dari setiap formulasi yaitu 800 produk gelas plastik kemasan. Pengujian karakteristik gelas plastik kemasan yang dilakukan berdasarkan formulir pengendalian kualitas produk yang ada di PT X, dan berdasarkan standar SNI 12-4259-2004 adalah organoleptis, visual, dan sifat tampak, serta pengukuran dimensi. Pengujian organoleptik, visual, dan sifat tampak mencakup pengamatan terhadap pengujian cacat atau *reject* produk, pengukuran dimensi gelas, berat produk, tinggi, volume isi, serta bau, dan rasa yang mungkin ditimbulkan oleh material kemasan. Pengujian terhadap bau dan rasa menggunakan 3 sampel dari masing-masing formulasi dengan mengacu pada SNI gelas plastik kemasan yang digunakan perusahaan.

Selain uji organoleptis, visual, dan sifat tampak, dilakukan pula pengujian mekanik untuk mengetahui ketahanan mekanik gelas plastik kemasan terhadap tekanan secara vertikal, dan uji jatuh. Uji kompresi dilakukan dengan menggunakan 7 sampel dari masing-masing formulasi untuk mengukur kekuatan tekan vertikal produk. Sedangkan uji jatuh (*drop test*) dilakukan dengan menggunakan 8 sampel dari setiap formulasi untuk mengetahui seberapa besar ketahanan produk terhadap benturan saat terjatuh dari ketinggian tertentu. Kedua pengujian ketahanan mekanik ini bertujuan untuk memastikan bahwa gelas plastik yang diproduksi tetap memenuhi persyaratan kekuatan, dan ketahanan struktural dalam kondisi distribusi, dan penggunaan normal.

Selain pengujian organoleptis, visual dan sifat tampak dilakukan juga kontrol kualitas secara berkala selama proses produksi. Pengecekan kualitas dilakukan

setiap 30 menit sekali untuk memantau konsistensi hasil produksi dalam hal dimensi produk, ketebalan lembaran, keseragaman bentuk, serta keberadaan cacat visual seperti bintik hitam, goresan, dan produk yang tidak terbentuk sempurna. Pengecekan berkala ini dilakukan oleh operator produksi, dan tim *quality control* sebagai bentuk penerapan sistem pengawasan mutu berkelanjutan (*in-process quality control*). Dengan kombinasi antara pengujian laboratorium, dan pemantauan proses langsung, data yang diperoleh diharapkan dapat memberikan gambaran menyeluruh terhadap performa teknis produk gelas plastik pada masing-masing variasi formulasi.

2) Studi Literatur

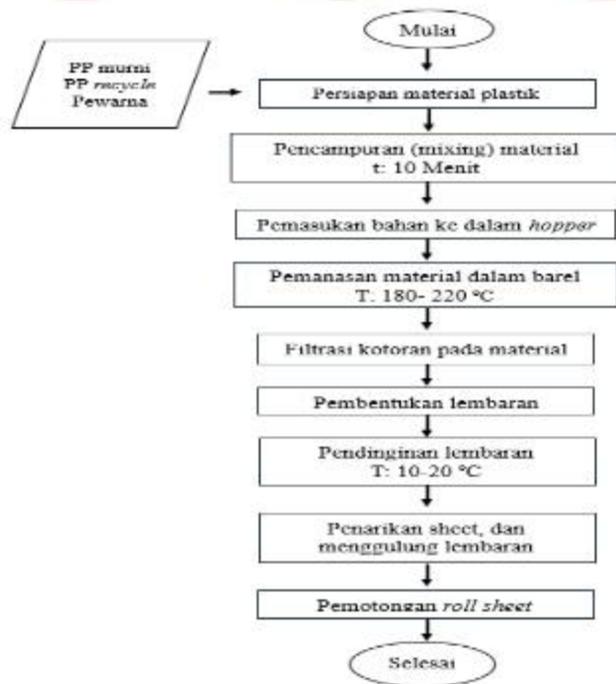
Studi literatur dilakukan untuk memperoleh data sekunder yang mendukung data primer. Data sekunder dapat berupa informasi dan teori-teori yang relevan dengan percobaan, yang diperoleh dari sumber pihak ketiga. Materi yang didapatkan melalui studi literatur digunakan sebagai referensi untuk mendukung, dan memperkuat opini tentang solusi yang digunakan, dan analisis hasil percobaan yang dilakukan.

3) Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan dengan mencari kajian literatur atau referensi yang relevan untuk mendapatkan teori atau penelitian terdahulu yang berkaitan dengan judul penulis. Metode ini dapat dilakukan dengan cara membaca buku, jurnal penelitian, makalah, skripsi, tesis, tugas akhir, dan situs web melalui internet.

D. Alur Proses Pembuatan Gelas Plastik Kemasan

Proses pembuatan produk gelas plastik kemasan menggunakan mesin *extrusion*, dan mesin *thermoforming* dengan menggunakan bahan *polypropylene*. Alur proses pembuatan kemasan gelas plastik dengan menggunakan mesin ekstrusi sebagai pembuatan lembaran plastik, dan mesin *Thermoforming* sebagai mesin pencetak produk gelas plastik kemasan. Berikut ini tahapan proses pembuatan lembaran plastik kemasan dengan menggunakan mesin ekstrusi yang disajikan pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Alur proses pembuatan lembar plastik

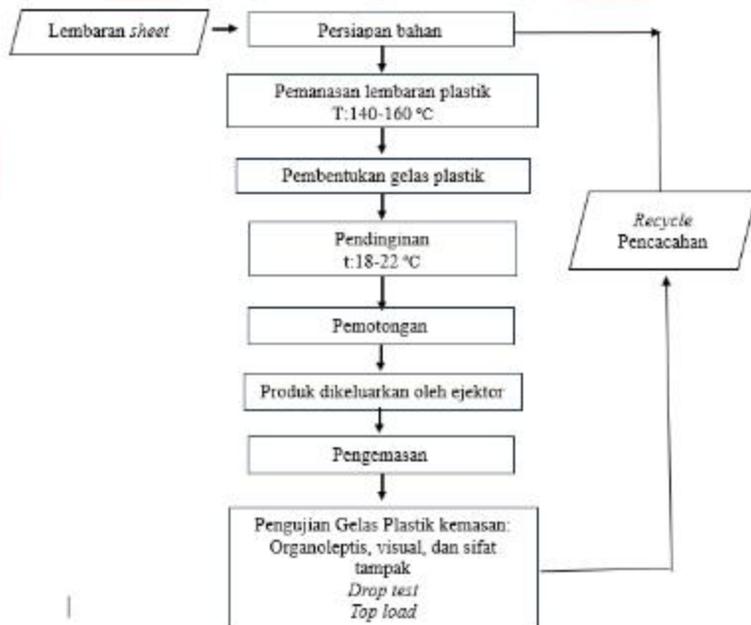
Berdasarkan Gambar 3.1 diatas, proses produksi lembaran plastik berbahan dasar *polypropylene* (PP) dengan menggunakan mesin ekstrusi dimulai dari persiapan bahan baku, yaitu *polypropylene* murni (*virgin*), dan *polypropylene* daur ulang (rPP). Bahan rPP umumnya berasal dari sisa produksi internal seperti potongan lembaran (*scrap*), produk cacat, atau trim *sheet* yang telah melalui proses pencacahan menggunakan mesin *crusher*. Bahan murni (*virgin*), dan rPP kemudian diformulasikan dalam rasio tertentu sesuai spesifikasi produksi, lalu dicampur secara merata menggunakan mesin *mixer* untuk menghasilkan campuran yang homogen. Campuran ini kemudian dialirkan ke bagian atas mesin ekstrusi, yaitu yang berfungsi sebagai tempat masuk bahan ke dalam sistem ekstrusi.

Dari *hopper*, campuran material masuk ke dalam barrel, bagian silinder utama mesin ekstruder yang di dalamnya terdapat *screw* (ulir). *Screw* ini berputar secara horizontal untuk mendorong, mengaduk, dan memadatkan material seiring Bergeraknya ke zona pemanasan. Pemanas barrel (*barrel heater*) yang terletak di sepanjang barrel menaikkan suhu secara bertahap pada beberapa zona kontrol, biasanya berkisar antara 180–220 °C untuk *polypropylene*. Selama proses ini, material berubah menjadi lelehan kental. Lelehan kemudian dialirkan melewati *screen pack*, dan *breaker plate*, yang berfungsi menyaring partikel asing serta menjaga kestabilan tekanan sebelum masuk ke *flat sheet die*.

Di bagian *die*, lelehan PP dibentuk menjadi lembaran datar (*sheet*) dengan ketebalan awal sesuai pengaturan cetakan. Lembaran yang masih panas kemudian diarahkan ke unit pendingin berupa *three-roll calender* untuk didinginkan,

diratakan, dan diatur ketebalannya secara presisi. Setelah melalui pendinginan, lembaran plastik ditarik oleh *haul-off roller* untuk menjaga kelurusan, dan stabilitas dimensi, lalu dipotong menggunakan cutting unit. Produk akhir kemudian digulung menggunakan winder atau disusun dengan *stacker*, sesuai dengan kebutuhan proses lanjutan seperti *thermoforming* atau pengemasan.

Berikut ini tahapan proses pembuatan lembaran plastik kemasan dengan menggunakan mesin ekstrusi yang disajikan pada Gambar 3.2



Gambar 3.2 Alur proses pembuatan gelas plastik

Berdasarkan Gambar 3.2 setelah lembaran plastik *polypropylene* (PP) selesai diproduksi melalui proses ekstrusi, langkah berikutnya adalah *thermoforming*, yaitu

proses pembentukan lembaran plastik menjadi produk jadi seperti gelas plastik. *Thermoforming* dilakukan dengan cara memanaskan lembaran plastik hingga menjadi lunak, lalu membentuknya ke dalam cetakan sesuai bentuk produk. Lembaran plastik dimasukkan ke dalam mesin *thermoforming*, lalu dipanaskan menggunakan pemanas (*heater*) yang ada di bagian atas, dan bawah mesin. Untuk bahan *polypropylene* PP, suhu pemanasan biasanya berada di kisaran 140–160 °C (Throne, 1996).

Setelah lembaran mencapai suhu yang cukup lunak, lembaran tersebut dipindahkan ke bagian cetakan (*mold*). Di bagian ini, lembaran ditekan, dan dibentuk menggunakan udara bertekanan (*pressure forming*), atau dikombinasikan dengan bantuan vakum (*vacuum forming*), dan *plug assist*, yaitu alat bantu pembentuk agar material masuk merata ke dalam cetakan. Cetakan sudah dibentuk sesuai ukuran, dan bentuk gelas yang diinginkan, misalnya gelas 240 ml atau 330 ml. Proses pembentukan ini berlangsung cepat, dan menghasilkan bentuk yang presisi. Setelah gelas terbentuk, produk akan didiamkan sejenak dalam cetakan agar dingin, dan mengeras, lalu dipindahkan ke bagian pemotongan (*trimming*). Di tahap ini, bagian gelas dipisahkan dari sisa lembaran menggunakan pisau pemotong otomatis. Gelas yang sudah selesai dipotong akan masuk ke dalam sistem penyusunan (*stacker*) secara otomatis, siap untuk proses pengemasan. Sedangkan sisa lembaran hasil potongan dikumpulkan untuk digunakan kembali dalam proses produksi selanjutnya sebagai bahan *recycle* (rPP).

Proses *thermoforming* ini sangat umum digunakan dalam industri pembuatan kemasan plastik sekali pakai karena cepat, hemat bahan, dan cocok untuk produksi massal (Rosato & Rosato, 2004). Dengan penggunaan bahan daur ulang, dan sistem produksi tertutup (*closed-loop*), proses ini juga mendukung efisiensi biaya, dan pengurangan limbah plastik.

E. Pengujian Mutu Gelas Plastik Kemasan

Pengujian mutu produk gelas plastik kemasan mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 12-4259-2004), yang mencakup aspek organoleptis, visual, dan sifat tampak. Aspek ini meliputi kesesuaian warna, bentuk fisik gelas, kebersihan permukaan, tidak adanya kontaminasi benda asing yang menempel, serta ketiadaan cacat seperti penyok, goresan, atau retakan pada produk. Selain pengujian organoleptis, visual dan sifat tampak dilakukan juga pengujian sifat mekanik untuk menilai ketahanan mekanik produk, yang terdiri dari 2 pengujian yaitu uji jatuh (*drop test*), dan uji tekan vertikal (*top load*).

Berdasarkan standar internal di PT X, pengujian dilakukan dalam dua kategori utama, yaitu uji organoleptis, visual dan sifat tampak, serta pengukuran dimensi produk gelas plastik. Pengujian organoleptik dilakukan dengan cara meneliti bentuk produk, warna, kejernihan, uji bau dan rasa, serta mendeteksi adanya cacat dan benda asing pada permukaan produk. Setelah itu dilakukan pengukuran dimensi tinggi, diameter, dan berat produk gelas plastik kemasan. Seluruh pengujian tersebut bertujuan untuk memastikan bahwa produk gelas plastik kemasan memenuhi

standar mutu yang telah ditetapkan, baik dari segi penampilan maupun kekuatan struktural, sehingga layak digunakan sebagai kemasan minuman sekali pakai.

1. Pengujian Organoleptis, Visual, dan Sifat Tampak

Pengujian organoleptis, visual, dan sifat tampak digunakan untuk mengetahui kualitas produk gelas plastik kemasan, dan keamanan produk, pengujian dilakukan dengan memeriksa keadaan, dan penampilan dari gelas plastik seperti kebersihan, kontaminasi benda asing, serta kerusakan berupa penyok, goresan, dan retak

Pengujian organoleptis, visual, dan sifat tampak dilakukan terhadap 100 produk gelas plastik kemasan dari setiap formulasi dengan menggunakan lampu sebagai alat bantu pencahayaan tambahan untuk mendeteksi cacat pada produk gelas plastik kemasan, produk cacat meliputi antara lain rusak, *stacking*, bau, terkontaminasi dengan benda asing, bagian bawah (*bottem*) tidak terbentuk, terlalu panas, dan kurang panas, penyok, terdapat goresan, serta bintik hitam. Pengujian visual juga dilakukan setiap 30 menit selama proses produksi berjalan untuk menjaga konsistensi kualitas produk gelas plastik kemasan. Gambar pengujian organoleptis, visual, dan sifat tampak disajikan pada Gambar 3.3



Gambar 3.3 Pengujian organoleptis, visual, dan sifat tampak

2. Pengujian Bau dan Rasa

Pengujian bau dan rasa pada produk gelas plastik kemasan bertujuan untuk

menilai adanya potensi migrasi senyawa kimia dari material plastik ke dalam makanan atau minuman yang dikonsumsi. Pengujian bau, dan rasa dilakukan untuk mengamati ada tidaknya perubahan bau dan rasa dari gelas plastik kemasan. Pengujian bau dan rasa dilakukan dengan menggunakan 3 produk dari masing-masing formulasi *recycle* dengan cara mengisi gelas plastik kemasan dengan air hingga penuh dan didiamkan selama 24 jam dengan suhu ruang, setelah 24 jam amati perubahan bau dan rasa secara spesifik. Gambar pengujian bau dan rasa disajikan pada Gambar 3.4



Gambar 3.4 Pengujian bau dan rasa

3. Pengujian Mengisi Gelas dengan Air Panas

Pengujian air panas pada gelas plastik kemasan dilakukan untuk mengevaluasi ketahanan produk terhadap suhu tinggi yang mensimulasikan kondisi penggunaan sebenarnya, seperti saat digunakan untuk menyajikan minuman panas. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa bahan plastik tidak mengalami deformasi, kebocoran, peyok, atau perubahan bentuk saat terpapar cairan bersuhu tinggi. Menurut Robertson (2013), salah satu syarat penting dalam kemasan makanan adalah kestabilan dimensi, dan keamanan material saat bersentuhan dengan cairan panas. Bahan yang digunakan, seperti *polypropylene* (PP), dikenal memiliki ketahanan terhadap suhu tinggi hingga 90°C, sehingga umum digunakan dalam

produk kemasan minuman panas sekali pakai. Pengujian ini menggunakan 7 sampel dari setiap formulasi *recycle* yang digunakan. Gambar pengujian air panas disajikan pada Gambar 3.5



Gambar 3.5 Pengujian dengan air panas

4. Pengujian Kapasitas Penuh (Terhadap Kapasitas Nominal)

Pengujian kapasitas penuh terhadap kapasitas nominal produk gelas plastik bertujuan untuk memastikan bahwa volume gelas sesuai dengan ukuran yang dijadikan sebagai standar yang telah ditetapkan, pengujian kapasitas penuh dilakukan secara volumetrik dengan mengukur volume produk gelas plastik dengan cara mengisi gelas plastik dengan air hingga *full* setelah itu diukur menggunakan gelas ukur untuk mengetahui volume gelas plastik kemasan. Gambar pengujian kapasitas penuh disajikan pada Gambar 3.6



Gambar 3.6 Pengujian kapasitas penuh

5. Pengujian Kompresi (*Top Load*)

Pengujian kompresi atau sering dikenal sebagai uji *top load* merupakan salah satu pengujian mekanik yang dilakukan untuk mengetahui kemampuan gelas plastik kemasan dalam menahan tekanan *vertical* dari atas (beban tekan). Pengujian

ini dilakukan dengan menggunakan 7 pcs dari masing-masing formulasi dengan memberikan tekanan pada gelas plastik kemasan hingga mengalami deformasi atau perubahan bentuk pada produk gelas plastik hingga nilai skala tekanan yang muncul. Gambar pengujian *top load* disajikan pada Gambar 3.7



Gambar 3.7 Pengujian kompresi (*top load*)

6. Uji Jatuh (*Drop Test*)

Pengujian *drop test* merupakan metode pengujian mekanik yang bertujuan untuk mengetahui ketahanan gelas plastik terhadap benturan atau tumbukan akibat terjatuh dari ketinggian tertentu. Pengujian ini penting dilakukan terutama pada kemasan produk sekali pakai berbahan *polypropylene* (PP), yang banyak digunakan dalam industri makanan, dan minuman, pengujian *drop test* menggunakan 8 pcs dari masing-masing formulasi. Pengujian dilakukan dengan menjatuhkan produk gelas plastik yang berisi air, dan ditutup dengan seal setinggi 75-100 cm dari lantai beton datar dengan posisi berdiri (*vertical*) sebanyak 3 kali berulang, lalu amati hasil produk yang dijatuhkan ada tidaknya kerusakan seperti bocor, pecah, maupun retak. Gambar pengujian *drop test* disajikan pada Gambar 3.8



Gambar 3.8 Pengujian *drop test*

7. Pengujian Pemasangan Seal

Pengujian pemasangan seal pada gelas plastik kemasan bertujuan untuk memastikan bahwa kemasan tertutup dengan rapat dan tidak mudah terbuka selama proses distribusi maupun penyimpanan. Seal yang baik akan mencegah terjadinya kebocoran, masuknya udara atau mikroorganisme yang dapat menurunkan kualitas produk, terutama pada produk makanan dan minuman.

Menurut SNI 12-4259-2004, kemasan harus memiliki sistem penutupan yang tidak mudah terlepas dan tidak menyebabkan kontaminasi pada produk. Pengujian seal dilakukan secara visual dan fungsional, dengan mengamati apakah tutup atau lapisan penutup dapat menempel kuat pada permukaan gelas plastik tanpa adanya celah atau bagian yang terangkat. Seal yang tidak sempurna berpotensi menyebabkan kerusakan produk, seperti tumpahnya isi, penurunan masa simpan, serta ketidaksesuaian terhadap standar keamanan pangan yang digunakan. Gambar pengujian pemasangan seal disajikan pada Gambar 3.9



Gambar 3.9 Pengujian pemasangan seal